

CONSERVACIÓ DEL CARST I LES COVES A MALLORCA

CONSERVATION OF THE KARST AND CAVES OF MALLORCA

Àngel GINÉS^{1 2} & Joan MAYOL³

Resum

L'extensió i característiques dels paisatges càrstics mallorquins els confereix una importància notable des dels punts de vista geomorfològic, ecològic i paisatgístic. S'analitzen els problemes més importants que els poden afectar, entre els quals destaquen el vandalisme, les alteracions per obres d'infraestructura hídrica i l'ús incontrolat pels esports d'aventura. S'examina l'estat de conservació tant de l'exocarst com de les cavitats, considerat satisfactori en termes generals. Finalment, i en el context de les normes i recomanacions europees, es proposa un conjunt de mesures i criteris de protecció per garantir la conservació d'aquest patrimoni natural.

Abstract

The extension and characteristics of the karstic landscapes of Mallorca confer them a notorious relevance from the geomorphological, ecological and scenic point of view. Disturbances produced by hydrological alterations, cave vandalism and the uncontrolled practice of adventure sports are here analysed as the most important problems which may have an effect on the above mentioned aspects. The current state of conservation of both exokarst and cavities is examined and is considered, in general terms, as satisfactory. Finally, within the context of the European norms and recommendations, a set of protection measures and land use criteria is proposed in order to guarantee the conservation of this natural heritage.

Introducció

Els processos de dissolució a la superfície i a l'interior de les roques carbonatades, predominants a Mallorca, han generat fenòmens càrstics diversos i abundants: camps de lapiaz, dolines, congosts, coves, avençs i surgències càrstiques (GINÉS & GINÉS, 1989). Aquest conjunt és una part molt significativa del patrimoni natural illenc, ja que representa un fenomen d'elevat interès científic i cultural, tant des del punt de vista geològic com biològic; la biodiversitat pròpia d'aquests ambients, amb una elevada

Introduction

The dissolution processes undergone on the surface and inside of carbonate rock outcrops, which are predominant in Mallorca, have generated diverse and abundant karstic phenomena: karrenfields, dolines, canyons, caves, shafts and karstic springs (GINÉS & GINÉS, 1989). This set of landforms is a very significant part of the island natural heritage because it represents a phenomenon of great scientific and cultural interest, both from the geological and the biological perspectives. The biodiversity, with a high rate of endemic species inherent to these environments, confers them an obvious conservationist priority. Finally, its aesthetic value is well-known and it generates touristic and sports activities not lacking economic profits.

¹ Grup Espeleològic EST. Palma de Mallorca.

² Museu Balear de Ciències Naturals. Ctra Palma - Port de Sóller km 30. E-07100 Sóller (Mallorca).

³ Conselleria d'Agricultura i Pesca del Govern Balear. C/ Foners, 10. E-07006 Palma de Mallorca.

taxa d'endemisme, li confereix una clara prioritat conservacionista. Finalment, el seu valor estètic està fora de dubte i genera usos turístics i esportius no desproveïts de vessant econòmic.

La incidència de la carstificació es manifesta enèrgicament en el paisatge i contribueix molt al singular atractiu escènic de distints sectors de la Serra de Tramuntana (Foto 1), com el que s'estén entre Pollença i Lluc, o l'àrea de sa Calobra i Torrent de Pareis. Les espectaculars morfologies de lapiaz són, indubtablement, un dels trets més representatius dels excepcionals valors paisatgístics de la zona septentrional de la serralada.



Foto 1: Paisatge càrstic de muntanya a les rodalies del Puig Major (Escorca). Els principals cims de la Serra de Tramuntana estan formats per calcàries mesozoïques.

Photo 1: Karstic mountain landscape nearby Puig Major (Escorca). The main peaks from Serra de Tramuntana are formed of Mesozoic limestones.

A l'interior dels terrenys calcaris, la presència de coves i avencs, alguns dels quals començaren a ser visitats al s. XIX, constitueix un recurs natural de considerable importància que ha atret tradicionalment l'interès de científics, visitants i àdhuc el turisme massiu. Sols en els darrers trenta anys s'ha assolit un coneixement suficient de la riquesa espeleològica del carst mallorquí (GINÉS & GINÉS 1987): avui estam en condicions de valorar, des dels punts de vista geològic, biològic i recreatiu, aquest notable patrimoni subterrani.

Els fenòmens càrstics tenen importants connotacions conservacionistes, relacionades amb el seu manteniment i l'ús públic del patrimoni paisatgístic i natural, en especial en el seu vessant turístic. Són necessaris i urgents uns criteris de seguiment i gestió que permetin garantir un ús racional d'aquests recursos en el futur immediat.

Problemes de conservació del carst mallorquí

De manera anàloga a la major part dels terrenys càrstics del món (WHITE, 1988; FORD & WILLIAMS,

The incidence of karstification appears strikingly in the landscape and it contributes in great measure to the singular attraction of different areas of the Serra de Tramuntana (Photo 1), as those between Pollença and Lluc or the famous one of Sa Calobra and Torrent de Pareis. The spectacular karren landforms are undoubtedly one of the most representative sights of the exceptional landscape in the northern side of the Serra.

Inside the limestone terrains, the existence of caves and shafts, some of them already visited in the 19th century, constitutes a natural resource of considerable importance which has traditionally attracted the interest of scientists, visitors and even mass tourism more recently. Just in the last thirty years a sufficient knowledge of the speleologic wealth of the Majorcan karst has been reached (GINÉS & GINÉS, 1987). Thus, nowadays we are able to assess from a geological, biological and recreational perspective such noteworthy subterranean heritage.

Karstic phenomena involve important conservationist connotations related to its maintenance and public use of the landscape and natural heritage, especially in what concerns tourism. Some criteria regarding monitoring and management which permit a rational use of these resources in the near future are necessary and urgent.

Conservation problems concerning Majorcan karst

As in most of the karstic areas in the world (WHITE, 1988; FORD & WILLIAMS, 1989; LÓPEZ-MARTÍNEZ & DURÁN, 1989; YUAN, 1991) the Majorcan karst shows a set of specific conditionants that influence the human use of the territory. The main environmental factors that have an effect on karst are: the exploitation of limestone or dolomite quarries; the extraction of subterranean karstic waters and the captation of the superficial ones; the development of facilities for the access of mass tourism to caves or singular places; and the needs for infrastructure related to the protection of archaeological sites. Among these problems stand out the hydrogeological ones which are additionally complicated by the coastal character of the Majorcan water-bearings.

Up to the seventies, the most significant degradation processes that had influenced the Majorcan karst were: the dumping of waste and residual waters in some karstic swallow holes; occasional quarry and building activities and, in many cases, vandalism against the rich decorations of speleothems in easily accessible caves. An example of cavity seriously damaged by quarry works are Coves des Màrmol in the Serra de na Burguesa. Fortunately, this exploitation is no longer present in

1989; LÓPEZ-MARTÍNEZ & DURÁN, 1989; YUAN, 1991) el carst mallorquí presenta una sèrie de condicionants específics que influeixen en la utilització humana del territori. Els principals problemes ambientals que els afecten consisteixen en: l'explotació de pedreres de calisses o dolomies; l'extracció d'aigües subterrànies càrstiques i la captació de les superficials; el desenvolupament d'infraestructures turístiques per a visites massives a coves o indrets singulars; i els relacionats amb la salvaguarda de jaciments arqueològics. D'entre aquests problemes, excel·leixen els hidrogeològics, complicats addicionalment pel caràcter costaner dels aquífers mallorquins.

Fins als anys 70, els processos degradatius rellevants que havien afectat el carst mallorquí consistien en l'abocament de residus sòlids i aigües residuals en alguns engolidors càrstics, algunes actuacions de canteria o construcció i nombrosos casos de vandalisme sobre la rica decoració d'espeleotemes a coves de fàcil accés. Uns exemples de cavitats severament afectades per una pedrera són les Coves des Màrmol, a la Serra de na Burguesa. Afortunadament, aquesta explotació no es dona ja a cap cavitat. Igualment, s'han reduït els casos d'abocaments, encara que no han desaparegut completament.

El vandalisme és un problema greu, ja que els efectes de destrucció de formacions són irreversibles i acumulatius. Sols es pot combatre amb educació i sensibilització, a les quals s'han consagrat diferents esforços, que caldria incrementar.

L'ús recreatiu de distintes zones càrstiques mallorquines s'ha incrementat molt en els darrers anys. Aquest fet és conseqüència de la millora de la xarxa

any cavitat. Dumping has also decreased even if has not disappeared altogether.

Vandalism represents a great problem as its destructive effects are irreversible and accumulative. It can only be eliminated through educational and awareness programmes which have already been launched, but need to be further enhanced.

Within the last years, the recreational use of some Majorcan karst localities has registered an important increase as a result of the improvement of the transport network, the availability of leisure time, the adventure sports fashion and the general interest on the rural world. The declaration of natural protected areas becomes thus a consequence of and an incentive to that interest, while at the same time it increases their public use.

Moreover, together with genuine and careful ramblers or speleologists, a number of tourists and sporadic visitors have access to these places. The latter are more attracted by the merely recreative features and wilderness of such areas than by the morphological singularities, fauna or vegetation. Karstic gorges of the Serra happen to be overvisited in summer and spring, certainly suffering from a risk of alteration in the biotopes of the singular amphibian endemism *Alytes muletensis* (Photo 2). The shafts and caves better known are frequently visited not only by speleologists, but also by uncontrolled dilettantes and speleotourists lacking either formation and supervision. The cave-dwelling fauna, rich in endemic species, is under the risk of being disturbed by this excess of transit and by the deposition of miscellaneous rubbish, such as carbide-lamps residuum and electric batteries.

Foto 2:

Exemplars de l'amfibi *Alytes muletensis*, descobert recentment en diversos torrents càrstics de Mallorca. Encara que la seva descripció científica com a espècie endèmica de les Illes Balears va ésser publicada el 1977, ja era conegut amb el nom popular de "ferreret" pels habitants de les zones més esquerpes de la Serra de Tramuntana (foto cortesia de Gerardo GARCÍA, Zoo de Barcelona).

Photo 2:

Specimens of the amphibian *Alytes muletensis*, recently discovered in different karstic canyons of Mallorca. Although its scientific description as an endemic species of the Balearic Islands was published in 1977, it was already known as "ferreret" by the people inhabiting the wildest areas of Serra de Tramuntana (photo by courtesy of Gerardo GARCÍA, Zoo de Barcelona).



viària, la disponibilitat de temps de lleure, la moda dels esports d'aventura i de l'interès públic pel món rural. La declaració d'espais naturals protegits és conseqüència i estímul d'aquest interès, i n'incrementa l'ús públic.

Així, juntament amb els excursionistes i espeleòlegs genuïns i informats, accedeixen a aquests in-

To resume, during the last few years, to the traditional problems (such as quarrying, pollution and salinization of water-bearings, overwhelming commercial use and vandalism) must be added the new ones that stem from an increasing demand of recreational land use generated by both autochthonous inhabitants and tourists (MAYOL & MACHADO, 1992).

drets visitants esporàdics, turistes i diumengers més interessats en els aspectes purament esportius o de bauxa oferts per la suposada solitud, que no per les singularitats morfològiques, la fauna o la vegetació. Els canyons càrstics de la Serra estan, per tant, sobrevistats durant la primavera i l'estiu, amb un risc cert d'alteració dels biòtops del singular endemisme *Alytes muletensis* (Foto 2). Els avencs i les coves més coneguts són freqüentats tant per espeleòlegs com per dilectants incontrolats i espeleoturistes, sense formació ni supervisió. La fauna cavernícola, rica en endemismes, corre el risc de sofrir pertorbacions per aquest trànsit excessiu i la deposició de restes diverses, com són els residus de carburers o piles elèctriques.

En resum, en els darrers anys, als problemes tradicionals (explotació mineral, contaminació i salinització dels aqüífers, ús comercial i vandalisme), se sobreposen els nous, derivats de l'increment de la demanda d'usos recreatius del territori, generada tant per la població autòctona com pel turisme (MAYOL & MACHADO, 1992).

Estat actual de conservació de l'exocarst mallorquí

ELS CAMPS DE LAPIAZ

Les morfologies de lapiaz estan amplament distribuïdes, amb una gran varietat tipològica, sobre els extensos afloraments calcaris de l'illa. Són un element predominant al paisatge del sector septentrional de la Serra de Tramuntana (GINÉS & GINÉS, 1989).

Els camps de lapiaz de s'Esquetjar de Moncaire, sa Mitjania, sa Calobra, sa Torre de Lluc, es Pixarells, Mortitx, Coma de les Truges i el Rellar de Son Marc, situats entre els 200 i els 700 metres s.n.m., constitueixen algunes de les millors localitats de lapiaz pluvial del territori europeu. Per sobre dels 800 metres s.n.m. hi ha també bons exemples d'aquestes morfologies, en especial al Puig Major i al Puig de Massanella. A la perifèria de la Serra es troben microformes de dissolució, menys espectaculars, desenvolupades en condicions climàtiques semi-àrides, entre les quals assenyalarem Coves Blanques i el Cap de Formentor. La preservació d'aquesta diversitat morfològica és una tasca relativament fàcil, prioritària en qualsevol cas pels seus valors geològics i paisatgístics.

L'estat de conservació dels camps de lapiaz és molt bo, afortunadament, excepció feta d'alguns punts excessivament visitats dels voltants de Lluc. És important que la planificació urbanística dels municipis, i la general que pugui afectar el futur Parc de la Serra de Tramuntana, determini la protecció d'aquests recursos geomorfològics i els seus valors paisatgístics i recreatius. Aquesta protecció és senzilla: cal simplement estalviar aquestes àrees d'alt-

The state of conservation of Majorcan exokarst today

THE KARRENFIELDS

Karren features are widespread in Mallorca showing great typological variability all through the extensive limestone outcrops. They are predominant in the scenery of the northern sector of the Serra de Tramuntana (GINÉS & GINÉS, 1989).

The karrenfields of S'Esquetjar de Moncaire, Sa Mitjania, Sa Calobra, Sa Torre de Lluc, Es Pixarells, Mortitx, Coma de les Truges and El Rellar de Son Marc, all located between 200 and 700 meters a.s.l., constitute some of the best examples of pluvial karren in Europe. Over the 800 meters a.s.l. there are also good examples of these features, especially in Puig Major and Puig de Massanella peaks. In the surroundings of the Serra it can be found solutional microforms not so spectacular that have been developed under semiarid climatic conditions, as in Coves Blanques and Cap de Formentor. The preservation of this morphological diversity is relatively an easy task, but in any case it is a real priority due to its geological and scenic values.

Fortunately, the state of conservation of the karrenfields is rather good, with the exception of some overcrowded points around Lluc. It is important that both the municipal urbanistic planning, as well as the general management affecting the future Park of Serra de Tramuntana, determinates the protection of these geomorphological resources and their landscape and recreational values. This protection is simple enough: it is just necessary to avoid the further alteration of those areas through the excessive construction of houses or infrastructures, whereas the actual land uses (mainly agricultural) which have been proved fully compatible should be maintained. An interesting conflict is possible when the decrease of cattle or forestal pression represents an increase of the arboreous cover on the karrenfields, which at the same time could hinder their appreciation as a whole (e.g., Es Camell de Lluc). This process has already begun here and there and it seems really difficult to find a general solution. It may be wise to evaluate separately each particular case.

Small karren features and other dissolution microforms are common in the Mesozoic limestones and dolomites from Serres de Llevant, and also in the tabular Miocene of Migjorn. Interesting karren forms can be found mainly in the littoral border. Preservation of these littoral morphologies is really uncertain as a result of the touristic boom and the intensive building-up along the coast.

THE KARSTIC DEPRESSIONS

The existence of karstic depressions, mainly dolines, is a very characteristic feature on those

racions per construcció de vivendes o infraestructures, tot mantenint-hi els usos actuals (agraris) que s'han demostrat compatibles. Es pot donar un conflicte interessant quan la disminució de la pressió ramadera o forestal determina un increment de la coberta arbòria sobre els camps de lapiaz, impossibilitant la visió de conjunt; aquest procés s'ha iniciat ja en alguns indrets i és difícil preconitzar una solució única. Sembla prudent que cada cas concret sigui avaluat de manera particular.

Petites morfologies de lapiaz i altres microformes de dissolució abunden a les calisses i dolomies mesozoïques de les Serres de Llevant i al Miocè tabular del Migjorn. En especial, la banda litoral inclou extraordinàries representacions de lapiaz costaner. La preservació d'aquestes morfologies és més incerta per l'expansió turística i la urbanització intensiva de la costa.

LES DEPRESSIONS CÀRSTIQUES

L'existència de depressions càrstiques, dolines principalment, és un tret molt característic dels terrenys constituïts per roques solubles. Hi ha bons exemples, a Mallorca, de grans depressions tant a la Serra de Tramuntana (Coma de Son Torrella, Clot d'Albarca) com a la plataforma miocena del Migjorn (Comes de Son Granada). Són freqüents els grups de dolines al sector septentrional de la Serra, entre Fornalutx i Pollença, de presència sols ocasional a la resta de l'illa.

L'estat de conservació geomorfològic, hidrològic i paisatgístic de les depressions càrstiques mallorquines és prou satisfactori, gràcies als usos actuals compatibles amb aquesta conservació. En el cas dels grups de dolines, el seu seguiment i preservació ha de ser una de les funcions del futur parc natural, al nucli central de la Serra.

Els grups de dolines més interessants des dels punts de vista botànic i ecològic, són els d'altitud mitjana, entre els 300 i 600 metres s.n.m., on creixen distintes espècies calcífuges, dominades pel Bruc, *Erica arborea* (GINÉS *et al.*, 1989). El manteniment d'aquesta comunitat vegetal, singular a l'illa, està relacionat amb el "socorrat" periòdic del càrritx, *Ampelodesma mauritanica*, per fer possible la seva pastura per ovelles. Els sòls descarbonatats i la capacitat de rebrot posterior a l'incendi són fonamentals per explicar aquesta associació vegetal (Foto 3), que inclou la falguera *Ophioglossum lusitanicum* i distints líquens rars. Cal preveure l'adequada conservació d'aquestes dolines, tant pel seu interès geomorfològic com botànic.

ELS CANYONS CÀRSTICS

Alguns dels torrents que solquen la part més abrupta de la Serra de Tramuntana excel·leixen per la seva morfologia, trets geològics, valor ecològic i

terrains composed by soluble rocks. In Mallorca there are good examples of great depressions, both in the Serra de Tramuntana (Coma de Son Torrella, Clot d'Albarca) and in the Miocene platform of Migjorn (Comes de Son Granada). Dolines assemblages are frequent in the northern side of the Serra, between Fornalutx and Pollença, being just occasionally present in the rest of the island.

The geomorphological, hydrological and recreational state of conservation of the karstic depressions is quite satisfactory, due to the current land uses that are compatible with it. Concerning the dolines, its preservation and monitoring should be one of the aims of the future Natural Park to be established within the Serra central area.

The more interesting doline assemblages, from the botanical and ecological point of view, are those located in a medium altitude, between 300 and 600 meters a.s.l., where some calcifuge species grow (GINÉS *et al.*, 1989), being dominant the heath *Erica arborea*. The maintenance of such vegetal community, very rare in the island, is related to the periodical burning of the grass *Ampelodesma mauritanica*, to make it suitable for sheep pasture. Decarbonated soils together with the capability of sprouting after the fire are fundamental to explain this vegetal association (Photo 3), that includes the



Foto 3: Fons de dolina en els terrenys càrstics des Castellots (Escorca), cobert per una comunitat vegetal en la qual predominen els brucs de l'espècie *Erica arborea*.

Photo 3: Doline bottom on the karstic terrains of Es Castellots (Escorca), covered by a vegetal community dominated by the heather *Erica arborea*.

pteridophyte *Ophioglossum lusitanicum* and some rare lichens. An adequate conservation of these dolines should be foreseen, since they involve so much geomorphological and botanic interest.

THE KARSTIC GORGES

Some ravines that plough the most abrupt area of Serra de Tramuntana outstand for their beauty and their morphological, geological and ecological values. They are narrow and deep gorges, developed along

bellesa. Es tracta de canyons estrets i profunds, desenvolupats a favor de fractures, al fons dels quals s'han excavat gorgs on es manté aigua quasi tot l'any. En aquest ambient de característiques singulars viu el Ferreret, *Alytes muletensis*, un dels més notables endemismes representatius de la fauna autòctona balear (ALCOVER *et al.*, 1984).

Fins fa una vintena d'anys, aquests torrents eren inexplorats per mor de les dificultats d'accés. Avui, l'auge dels esports d'aventura, i en particular el barranquisme, ha sotmès aquests ecosistemes fràgils i vulnerables a una freqüentació intensa que tal vegada sobrepassa la seva capacitat de càrrega. Un altre problema dels torrents és l'abocament d'aigües residuals de la indústria d'embotellament d'aigua, que en deterioren les característiques químiques; aquest factor és greu, ja que les condicions càrstiques i el cabdal feble d'aquests torrents els permeten una capacitat d'autodepuració força reduïda. Afortunadament, algunes embotelladores han adoptat en els darrers anys sistemes de depuració. L'abocament de residus domèstics (Torrent de na Mora), l'explotació agrícola intensiva amb usos importants de pesticides i adobs (Torrent Fondo de Mortitx) o les obres d'infraestructura hidràulica (Torrent de Pareis, Torrent d'Almadrà), són factors complementaris de degradació. L'estat general dels torrents ha sofert canvis negatius per la juxtaposició dels diferents factors.

Les mesures de protecció sobre aquests ecosistemes són urgents, per la singularitat dels seus valors i la limitació de la seva extensió. La gestió que s'hi apliqui determinarà la supervivència dels seus biovalors, i en especial del Ferreret, espècie considerada prioritària a la Directiva 92/43/CEE de la Comunitat Europea. Calen mesures decidides de control i seguiment d'aquests hàbitats (Foto 4), que hi garanteixin el manteniment de les condicions físiques i químiques.

Estat actual de conservació de l'endocarst mallorquí

LES COVES TURÍSTIQUES

Des dels inicis del s.XIX, els viatgers que arriben a l'illa deixen constància de les visites guiades a les Coves d'Artà i les Coves del Drac, les cavitats de més prestigi de Mallorca, per les quals passaren personatges tan famosos com Jules Verne o Sarah Bernhardt. Aquest seria l'origen de l'explotació turística de les coves mallorquines (Foto 5). Ja en el nostre segle, s'han afegit a aquest ús les Coves des Hams, Coves de Gènova i Coves de Campanet. N'hi ha d'altres on aquesta explotació va ser realitzada i posteriorment abandonada: les Coves del Pirata i la Cova des Estudiants. L'Avenc de Son Pou és utilitzat també per visites, però de forma menys intensiva.

fractures, in which bottom some pools that contain water nearly all through the year have been carved. It is in this characteristic environment where the "Ferreret", *Alytes muletensis*, one of the most noted endemism representative of the autochthonous Balearic fauna (ALCOVER *et al.*, 1984) dwells.

Until two decades ago these streams remained unexplored due to the difficult access. Now, the peak of adventure sports and particularly of gully-trekking produces an excessive amount of visitors which probably overwhelms the loading capacity of these fragile and vulnerable ecosystems. Another problem regarding streams is the dumping of sewage coming from the water bottling industry. Because it deteriorates the chemical characteristics of the water, this is a rather serious problem, as the karstic conditions and the weak discharge of such kind of stream permit just a low rate of self-purification. Fortunately, during the last years some bottling factories have applied depuration systems. The dumping of domestic residuum (Torrent de na Mora), the intensive agricultural exploitation, together with the important use of pesticides and fertilizers (Torrent Fondo de Mortitx), or the hydraulic works (Torrent de

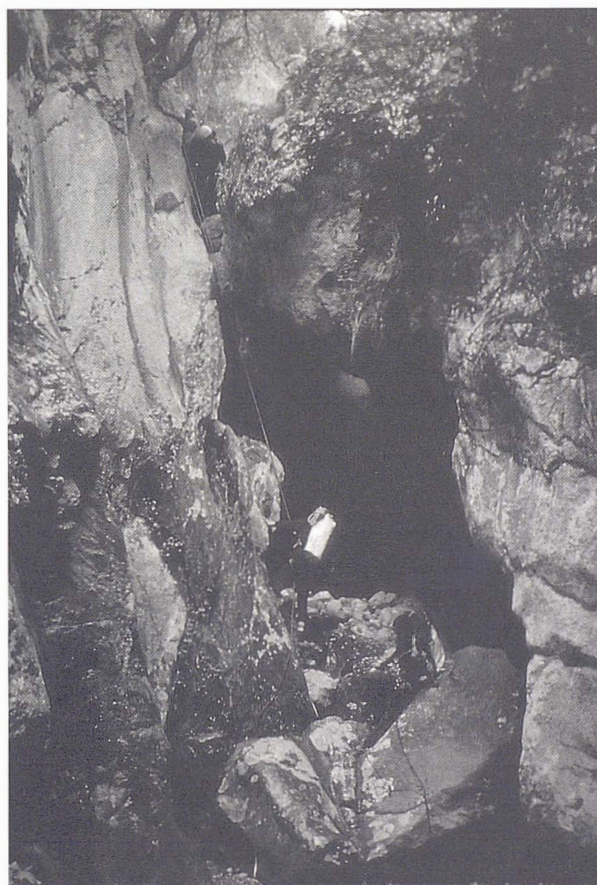


Foto 4: Els torrents càrstics de la Serra de Tramuntana constitueixen un biòtop fràgil, que cal protegir adequadament.

Photo 4: The karstic gorges in Serra de Tramuntana constitute a fragile biotope which should be adequately protected in the future.

La importància turística i econòmica d'aquestes visites és prou gran, ja que les coves són l'eix d'excursions organitzades de gran prestigi, entorn de les quals es mou una indústria de transport, restauració i venda de "souvenirs" quantitativament important. Assenyalem, a títol d'exemple, que les Coves del Drac (Foto 6) són visitades per 600.000 a 800.000 turistes anuals. La imatge i renom que les coves han aportat a la indústria turística de Mallorca són molt rellevants. Malgrat això, les adaptacions de les caverne a les visites no han estat sempre prou respectuoses ni imaginatives. En són excepcions la luminotècnia de Carles Buïgas a les Coves del Drac i la grandiosa escala de les Coves d'Artà, bastida en ocasió de la visita d'Isabel II, al 1860.

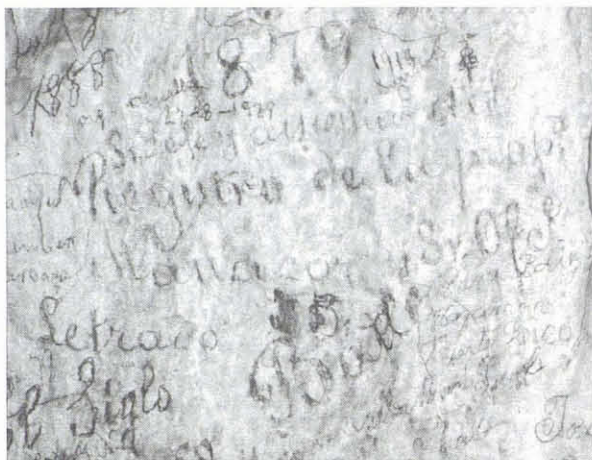


Foto 5: Inscripcions corresponents al segle XIX, fetes damunt les colades estalagmítiques que voregen el Llac de les Delícies, a les Coves del Drac (Manacor).

Photo 5: Nineteenth century inscriptions found on the flowstones surrounding the Llac de les Delícies, in Coves del Drac (Manacor).

Aquest ús comporta un impacte ambiental difícil de corregir: ventilació artificial, microflora entorn dels focus d'il·luminació, àrees alterades pel trànsit continuat de personal, etc... Altres, en canvi, podrien ser evitats amb una voluntat o normativa favorables: detritus d'instal·lacions fora d'ús, manipulació d'espeleotemes amb aigua o productes artificials, etc. Seria positiu, indubtablement, millorar la infraestructura educativa i interpretativa de les coves: pannells i informacions més rigoroses i modernes, que permetin als visitants copsar la importància científica i cultural de les cavitats i no sols el seu pintoresquisme.

COVES I AVENCs EXPLORABLES

Les coves i avencs mallorquins que poden ser objecte d'activitats espeleològiques han estat avaluats en un nombre pròxim al milenar (GINÉS & GINÉS, 1987). Altrament, tant a sa Dragonera com a Cabrera hi ha també cavitats interessants.

La major part de les coves són de dimensions reduïdes, i es poden explorar sense equipaments so-

Pareis, Torrent d'Almadrà) are additional degradation factors. The general state of these karstic gorges has lately suffered from negative changes due to the coincidence of those different disturbances.

Protection measures should be urgently taken on these ecosystems given their value and limited surface. The management to be applied will determine the survival of their biovalues, and especially of the endemic "Ferreret", a species considered a priority by the EC Directive 92/43/EC. Strict control measures as well as monitoring of these habitats (Photo 4) should be promoted, so that the stability of their physical and chemical conditions must be guaranteed.

The state of conservation of Majorcan endokarst today

THE TOURISTIC SHOW CAVES

Since the beginning of the 19th century the travellers arriving in the island reported about guided tours to Coves d'Artà and Coves del Drac, the most celebrated caverns of Mallorca, visited by famous personalities such as Jules Verne and Sarah Bernhardt. This could have been the origin of the touristic exploitation of the Majorcan caves (Photo 5). Yet in our century the Coves des Hams, Coves de Gènova and Coves de Campanet have been added to the list. There are also a few caves that were once exploited and later abandoned: Coves del Pirata and Cova des Estudiants. The breakdown shaft called Avenc de Son Pou is also visited, even if much less intensively.

The touristic and economic importance of the visits is rather significant, as the caves are often the core of prestigious package tours that support a substantial transport, catering and souvenir business. As an example we point out that Coves del Drac (Photo 6) receive annually between 600,000 and 800,000 visitors. The image and fame given by the show caves to the Majorcan tourist industry are very important. Nevertheless, visiting facilities to the caverns has not always been respectful nor imaginative enough for the cave environment. However, it should be pointed out as exceptions the lighting designed by Carles Buïgas in Coves del Drac and the magnificent stairway of Coves d'Artà built in 1860 for Queen Isabel II visit to this cave.

Touristic visits in show caves involve an environmental impact of difficult solution: artificial aeration, microflora growing around the spotlights, alterations in the main paths, etc. However, other impacts could be avoided by willingness and regulations: abandoned debris from former interventions, speleothems manipulation with water and artificial products etc. Undoubtedly, it would be convenient to improve the didactic and informative

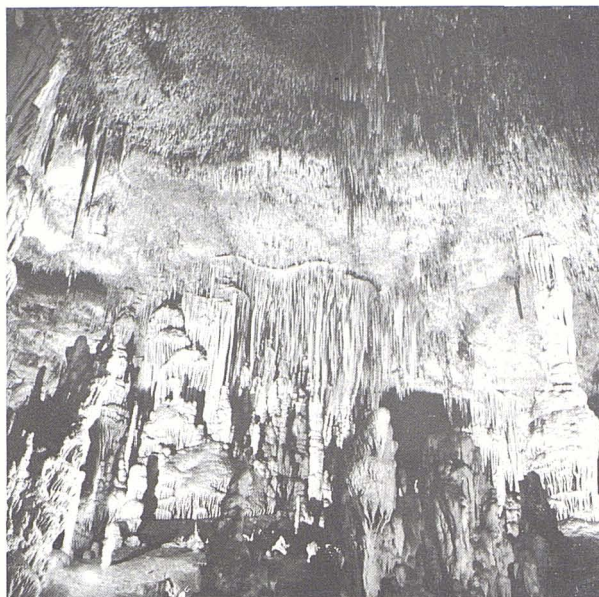


Foto 6: Vista general d'una de les sales que formen part del recorregut turístic de les Coves del Drac, a Manacor (foto cortesia de Cuevas del Drach S.A.).

Photo 6: Panoramic view of one of the halls visited by tourists in Coves del Drac, Manacor (photo by courtesy of Cuevas del Drach S.A.).

fisticats ni dificultats tècniques. L'accés als avencs, en canvi, requereix del coneixement dels estris més usuals: cordes d'escalada, descensors i bloquejadors per a SRT, etc. No es tracta, en general, d'avencs especialment dificultosos, però tenen els seus perills per a visitants inexperts. El millor procediment per a estalviar riscos innecessaris i preveure el deteriorament del medi càrstic subterrani és potenciar l'activitat espeleològica federada. És ben conegut que la majoria dels accidents, la destrucció d'espeleotemes i el vandalisme en general són protagonitzats per visitants ocasionals, desproveïts de "cultura espeleològica".

En general, l'estat de conservació de l'endocarst mallorquí és satisfactori, malgrat sigui de lamentar la freqüència de manifestacions de vandalisme i ruptura d'espeleotemes. Un nombre excessiu de visitants incontrolats provoca l'acumulació de residus, inclosa la proliferació de taques de buidat de carburers, que poden perjudicar la fauna cavernícola. Distints grups espeleològics, la Federació Balear d'Espeleologia i entitats excursionistes porten a terme intenses campanyes per estimular la responsabilitat i el respecte al medi subterrani. Altrament, en els darrers anys s'ha moderat l'ús d'anclatges artificials i pitons, per part dels espeleòlegs, a l'exploració de cavitats verticals.

LA FAUNA CAVERNÍCOLA

Les cavitats càrstiques de Mallorca tenen una fauna cavernícola interessant, rica en endemismes (GINÉS, 1983; PONS, 1991) i altres espècies de va-

infraestructura inside the show caves by installing up-to-date and rigorous information which encourage people to appreciate not only the picturesque aspects, but also the cultural and scientific importance of the cavities.

WILD CAVES AND SHAFTS

It has been estimated that in Mallorca there are almost one thousand caves and shafts suitable for caving activities (GINÉS & GINÉS, 1987). There are also some interesting cavities in Dragonera and Cabrera islands.

Most of the caves are of small dimensions, and they can be explored without a sophisticated equipment as they do not involve great technical difficulties. On the contrary, the access to the shafts requires a knowledge of the most common caving equipment: ladders, ropes, abseilers, jammers for SRT techniques, etc. In general, the shafts are not excessively difficult to be explored, although they could be dangerous to inexperienced visitors. The best way to prevent visitors from unnecessary risks and to avoid the subterranean karstic environment decay, would be to get the cavers to be involved in the federated speleological activity. It is well-known that most accidents, acts of vandalism and destruction of speleothems are generally caused by occasional visitors lacking any "speleological culture".

In general, the state of conservation of the Majorcan endocarst is satisfactory, despite of the frequent cases of vandalism and speleothems destruction. Too many uncontrolled visitors provoke the accumulation of rubbish including batteries, flash bulbs and dumping of spent carbide which may damage the cave fauna. Several speleologic groups, the Federació Balear d'Espeleologia and some hikers associations are leading campaigns to encourage some respect and responsibility towards the subterranean environment. Furthermore, during the last few years, cavers have reduced the use of artificial anchorages and bolts in vertical cavities.

THE CAVERNICOLOUS FAUNA

The Majorcan karstic cavities present an interesting cave fauna rich in endemic troglobites (GINÉS, 1983; PONS, 1991) and other biogeographically interesting species (BELLÉS, 1987). Generally speaking, the state of conservation of this fauna and its habitats seems rather satisfactory (PONS, 1991). However, it must be remarked the vulnerability of those species dwelling just in one or few localities: the crustacean **Balearonethes sesrodesanus**, generic endemism which should be especially protected, living in a small geographical area and whose ecological requirements remain unknown; among the choleoptera, **Leptobhytus palau** (*Pselafidae*) is an endemic species just found in one single cavity, likewise the **Reicheia balearica** (*Escaritidae*). There are other groups of arthropoda

lor biogeogràfic (BELLÉS, 1987). En termes generals, l'estat de conservació de la fauna cavernícola i dels distints hàbitats subterranis és satisfactori (PONS, 1991). Però cal constatar la vulnerabilitat de les espècies distribuïdes a una sola o poques localitats: el crustaci *Balearonethes sesrodesanus*, un endemisme genèric que cal protegir amb especial atenció, habita una àrea geogràfica molt reduïda i se'n desconeixen els requeriments ecològics; entre els coleòpters, *Leptobhytus palaui* (Pselafidae) és també un gènere endèmic conegut sols d'una cavitat; *Reicheia balearica* (Escaritidae) està igualment acantonat a una sola cova. Altres grups d'artropodes que presenten interessants organismes troglòbics són els pseudoscorpins, amfípodes, isòpodes, etc.

Els quiròpters cavernícoles han sofert una regressió poblacional, probablement a causa de l'ús d'insecticides com a factor més important. L'administració ha barrat l'accés a algunes cavitats, per evitar el vandalisme sobre certes colònies especialment vulnerables. Convé mantenir i estendre aquesta actuació als casos justificats.

Pel que pertoca als hàbitats, els d'importància més extraordinària són els llacs anchihalins, amb una fauna carcinològica d'interès excepcional. Aquests ambients són presents no sols a Mallorca, sinó també a Cabrera i sa Dragonera. La diversitat d'organismes i la complexitat ecològica d'aquests ambients són molt elevades (GINÉS, 1983). Les de Cabrera gaudeixen de serioses mesures de protecció, garantides per l'estatus de Parc Nacional de l'illa. A sa Dragonera, en canvi, es manté un ús incontrolat de l'aigua de la Cova des Moro, que és convenient estalviar. En qualsevol cas, les coves del carst costaner mereixen mesures addicionals de protecció, ja que les investigacions zoològiques en curs, les primeres d'Europa en aquests ambients, confirmen la singularitat dels seus valors.

Amb caràcter general, és prioritari promoure la salvaguarda de cavitats representatives de cada un dels tipus d'ambients de l'endocarst, així com les més singulars pel valor de les seves formacions o de la seva fauna.

La protecció legal i efectiva del medi subterrani

TERCAFS (1992) ha publicat una anàlisi detallada i útil dels problemes de protecció de la fauna cavernícola i del medi subterrani. Molts dels criteris d'aquest autor es poden aplicar a Mallorca. Altres publicacions complementàries que poden tenir interès al cas balear són les de DAVEY & WHITE (1986), HILL & FORTI (1986) i MARKER & GAMBLE (1987).

D'acord amb la legislació espanyola, la protecció dels ecosistemes subterranis és una obligació administrativa, que es deriva de la Ley 4/1989, de "Pro-

(pseudoscorpions, amphipods, isopods, etc.) that include interesting troglöbitic organisms.

The cave bats have suffered a substantial regression of their population most probably due to the use of insecticides. Some caves have been closed with special gates by the Administration to prevent several highly vulnerable colonies from vandalism. This kind of action should be maintained and extended to the justified cases.

In relation to habitats, the most extraordinary ones are the anchihaline cave-pools which host an exceptional carcinologic fauna. These environments are also present in Dragonera and Cabrera islands. The biodiversity and the ecological complexity of these environments are relevant (GINÉS, 1983). In Cabrera, they happen to be highly protected, supported by the present-day status of National Park of the island. In Dragonera, however, there is still an uncontrolled extraction of water from Cova des Moro which should be stopped. In any case, the singularity of the coastal karstic caves is worth the application of additional protective measures as confirmed by the success of the zoological research in course, the first of its kind carried out in Europe.

In general, it is priority to promote the safeguard of the most representative cavities containing each type of endokarstic environment, as well as the most singular ones because of their richness of karstic formations and fauna.

The legal and effective protection of the subterranean environment

TERCAFS (1992) has published a detailed and useful analysis of the protection problems relating to the cave fauna and its habitat. Most of his criteria can be assumed to Mallorca. Other complementary publications that could be interesting to the Balearic case are those of DAVEY & WHITE (1986), HILL & FORTI (1986) and MARKER & GAMBLE (1987).

According to the Spanish "Ley 4/1989, de protección de los espacios naturales y de la fauna y flora silvestres", the protection of the subterranean ecosystems is compulsory for the Government. That regulation loads on the public Administration the duty of preserving every species of flora and fauna, giving especial attention to the autochthonous ones, and to the preservation of their habitats (Art. 26). In the same way, the law determines that endemic species and subspecies must be priority in this respect (Art. 27).

At European level, it is outstanding the Directive 92/43/EC, relative to the natural habitats and the wild fauna and flora conservation. This directive dictates that those member States must designate as special conservation zones —among many others— the unexploited wild caves, the caves

tección de los espacios naturales y de la fauna y flora silvestres" que atribueix a les administracions públiques el deure de preservar totes les espècies de la flora i la fauna, amb especial atenció a les autòctones i la preservació dels hàbitats (Art. 26). Igualment, la llei determina que s'ha de concedir prioritat a les espècies i subespècies endèmiques (Art. 27).

A nivell europeu, cal destacar la Directiva 92/43/CEE relativa a la conservació dels hàbitats naturals i de la fauna i flora silvestres. Aquesta directiva determina que els estats membres han de designar zones especials de conservació —entre moltes altres— a les coves no explotades pel turisme; a refugis de quiròpters cavernícoles; als biòtops del Ferreret (és a dir, els canyons càrstics).

Fins avui, però, la norma que ens resulta de més interès és el Conveni relatiu a la Conservació de la Vida Silvestre i el Medi Natural a Europa, conegut com a Conveni de Berna. Aquest text (inspirador de la Ley 4/1989, ja esmentada), ha estat desenvolupat en relació als hàbitats subterranis pel seu Comitè Permanent, a la seva recomanació num. 36 a l'any 1992. Entre els punts que semblen prioritaris d'aquesta recomanació, en les circumstàncies mallorquines, volem destacar els següents:

- 1) Formació d'un inventari d'hàbitats subterranis d'interès biològic.
- 2) Assignar un status de protecció a una selecció dels biòtops representatius dels hàbitats subterranis, i gestionar-los de manera adequada.

El criteri que aquest comitè ha seleccionat per a considerar un hàbitat com d'interès biològic és que es compleixi una o varies de les condicions següents:

- a) Presència d'espècies adaptades a la vida subterrània
- b) Presència d'espècies relictas
- c) Presència d'espècies vulnerables
- d) Presència d'espècies endèmiques
- e) Presència d'espècies rares
- f) Presència de quiròpters
- g) Biodiversitat relativament elevada
- h) Originalitat de l'hàbitat
- i) Interès científic i
- j) Vulnerabilitat de l'hàbitat.

Pel que fa als criteris d'aplicació de la protecció, el Comitè Permanent del Conveni de Berna ha assenyalat els següents:

- a) Delimitar i protegir la zona de vulnerabilitat potencial (zona de recàrrega de l'aquífer);
- b) Protegir la perifèria i superfície sobre la cavitat, per la seva influència directa sobre les seves biocenosis;
- c) Considerar particularitats geohidrològiques en el cas de coves;
- d) Investigacions i cartografia del Medi Subterrani Superficial (MSS), la importància del qual sols va començar a ser coneguda als anys 80;

inhabited by bats and the special "Ferreret" biotopes (i.e. the karstic gorges).

However, up to now the most interesting norm for us is the Agreement related to the Conservation of Wildlife and the Natural Environments in Europe, known as the Berna Agreement. This text (which inspired the Ley 4/1989 mentioned above) has been developed in 1992 by the Permanent Committee as the Recommendation No. 36 concerning the subterranean habitat. We would like to stress from such Recommendation the following points which appear to be priority in the Majorcan circumstances:

- 1) Elaboration of an inventory of subterranean habitats of biological interest.*
- 2) Assignment of a protection status for a selection of those representative biotopes of the subterranean habitats, and its appropriate management.*

The Committee's criteria to consider a habitat as "of biological interest" has been the accomplishment of one or more of these conditions:

- a) Presence of species adapted to subterranean life*
- b) Presence of relict species*
- c) Presence of vulnerable species*
- d) Presence of endemic species*
- e) Presence of rare species*
- f) Presence of bats*
- g) Relatively high biodiversity*
- h) Uniqueness of the habitats*
- i) Scientific interest, and*
- j) Habitat vulnerability*

As for the implementation criteria concerning protection, the Permanent Committee of the Berna Agreement pointed out the following ones:

- a) Delimitation and protection of the potentially vulnerable karstic area (i.e. the aquifer recharge zone);*
- b) Protection of the surrounding and outer surface of the cave, as they affect directly its biocenosis;*
- c) Considering the geohydrological peculiarities of the caves;*
- d) Research and charting of the superficial subterranean compartment (M.S.S, milieu souterrain superficiel) which importance had been ignored until the eighties;*
- e) Prevention from pollution, artificial land-fill or erosion regarding the interstitial habitat of subsurface waterpaths;*
- e) Control of the hydraulic public works;*
- g) Control of the use of caves, including a previous and rigorous Environmental Impact Assessment;*
- h) Rational policy for the cleaning of the caves (what certainly is a positive task provided it is not exhaustive, as the feeding of the cave fauna relies on the superficial organic matter reaching the cavities);*

tección de los espacios naturales y de la fauna y flora silvestres” que atribueix a les administracions públiques el deure de preservar totes les espècies de la flora i la fauna, amb especial atenció a les autòctones i la preservació dels hàbitats (Art. 26). Igualment, la llei determina que s’ha de concedir prioritat a les espècies i subespècies endèmiques (Art. 27).

A nivell europeu, cal destacar la Directiva 92/43/CEE relativa a la conservació dels hàbitats naturals i de la fauna i flora silvestres. Aquesta directiva determina que els estats membres han de designar zones especials de conservació —entre moltes altres— a les coves no explotades pel turisme; a refugis de quiròpters cavernícoles; als biòtops del Ferreret (és a dir, els canyons càrstics).

Fins avui, però, la norma que ens resulta de més interès és el Conveni relatiu a la Conservació de la Vida Silvestre i el Medi Natural a Europa, conegut com a Conveni de Berna. Aquest text (inspirador de la Ley 4/1989, ja esmentada), ha estat desenvolupat en relació als hàbitats subterranis pel seu Comitè Permanent, a la seva recomanació num. 36 a l’any 1992. Entre els punts que semblen prioritaris d’aquesta recomanació, en les circumstàncies mallorquines, volem destacar els següents:

- 1) Formació d’un inventari d’hàbitats subterranis d’interès biològic.
- 2) Assignar un status de protecció a una selecció dels biòtops representatius dels hàbitats subterranis, i gestionar-los de manera adequada.

El criteri que aquest comitè ha seleccionat per a considerar un hàbitat com d’interès biològic és que es compleixi una o vàries de les condicions següents:

- a) Presència d’espècies adaptades a la vida subterrània
- b) Presència d’espècies relictas
- c) Presència d’espècies vulnerables
- d) Presència d’espècies endèmiques
- e) Presència d’espècies rares
- f) Presència de quiròpters
- g) Biodiversitat relativament elevada
- h) Originalitat de l’hàbitat
- i) Interès científic i
- j) Vulnerabilitat de l’hàbitat.

Pel que fa als criteris d’aplicació de la protecció, el Comitè Permanent del Conveni de Berna ha assenyalat els següents:

- a) Delimitar i protegir la zona de vulnerabilitat potencial (zona de recàrrega de l’aqüífer);
- b) Protegir la perifèria i superfície sobre la cavitat, per la seva influència directa sobre les seves biocenosis;
- c) Considerar particularitats geohidrològiques en el cas de coves;
- d) Investigacions i cartografia del Medi Subterrani Superficial (MSS), la importància del qual sols va començar a ser coneguda als anys 80;

inhabited by bats and the special “Ferreret” biotopes (i.e. the karstic gorges).

However, up to now the most interesting norm for us is the Agreement related to the Conservation of Wildlife and the Natural Environments in Europe, known as the Berna Agreement. This text (which inspired the Ley 4/1989 mentioned above) has been developed in 1992 by the Permanent Committee as the Recommendation No. 36 concerning the subterranean habitat. We would like to stress from such Recommendation the following points which appear to be priority in the Majorcan circumstances:

- 1) *Elaboration of an inventory of subterranean habitats of biological interest.*
- 2) *Assignment of a protection status for a selection of those representative biotopes of the subterranean habitats, and its appropriate management.*

The Committee’s criteria to consider a habitat as “of biological interest” has been the accomplishment of one or more of these conditions:

- a) *Presence of species adapted to subterranean life*
- b) *Presence of relict species*
- c) *Presence of vulnerable species*
- d) *Presence of endemic species*
- e) *Presence of rare species*
- f) *Presence of bats*
- g) *Relatively high biodiversity*
- h) *Uniqueness of the habitats*
- i) *Scientific interest, and*
- j) *Habitat vulnerability*

As for the implementation criteria concerning protection, the Permanent Committee of the Berna Agreement pointed out the following ones:

- a) *Delimitation and protection of the potentially vulnerable karstic area (i.e. the aquifer recharge zone);*
- b) *Protection of the surrounding and outer surface of the cave, as they affect directly its biocenosis;*
- c) *Considering the geohydrological peculiarities of the caves;*
- d) *Research and charting of the superficial subterranean compartment (M.S.S, milieu souterrain superficiel) which importance had been ignored until the eighties;*
- e) *Prevention from pollution, artificial land-fill or erosion regarding the interstitial habitat of subsurface waterpaths;*
- e) *Control of the hydraulic public works;*
- g) *Control of the use of caves, including a previous and rigorous Environmental Impact Assessment;*
- h) *Rational policy for the cleaning of the caves (what certainly is a positive task provided it is not exhaustive, as the feeding of the cave fauna relies on the superficial organic matter reaching the cavities);*

- Qualsevol previsió d'actuacions als punts o espais documentats en aquestes bases de dades ha de comptar amb procediments d'avaluació d'impacte ambiental, amb les consultes pertinents als especialistes competents.
- Aquest procediment ha de ser especialment rigorós en el cas d'obres públiques i actuacions urbanístiques.
- Formar plans de recursos naturals i d'ús i gestió realistes, amb previsió de les diverses funcions recreatives als Espais Naturals Protegits (en especial, la Serra de Tramuntana, sa Dragonera i Cabrera), per evitar els impactes que aquestes puguin ocasionar sobre les localitats càrstiques.
- Ordenar les activitats excursionistes i de temps lliure, en especial els esports d'aventura, que es desenvolupen als paratges càrstics.
- Potenciar el paper de les federacions esportives (Muntanyisme, Espeleologia), entitats excursionistes i O.N.G. relacionades amb el medi natural, per millorar la conscienciació dels visitants de cavitats, torrents i paratges càrstics.
- Millorar la interpretació i oferta cultural de les cavitats explotades turísticament, amb aspectes educatius i científics.
- Restringir l'accés a determinades localitats càrstiques en funció de la vulnerabilitat dels seus valors (biològic, geològic, escènic o arqueològic) i de la seva capacitat de càrrega.
- Incloure als programes públics d'educació ambiental els valors paisatgístics, ecològics i científics del carst de Mallorca i la necessitat de la seva conservació.
- *This procedure must be specially rigorous for public and urbanistic works;*
- *Elaborating programmes for natural resources and for realistic use and management, taking into account the different recreational functions within the Natural Protected Areas (especially in Serra de Tramuntana, Dragonera and Cabrera), so as to avoid a possible impact on the karst localities;*
- *Control of hiking and leisure activities, with special reference to adventure sports developed on karstic sceneries;*
- *Promoting the role of sporting federations (mountaineering and climbing, speleology), ramblers clubs and NGO related to the natural environment, in order to reinforce the awareness of the visitors of cavities, gorges and karstic landscapes;*
- *Improving the information and cultural offer of show caves exploited for tourism by means of educational and scientific support;*
- *Restricting the access to the karstic sites in terms of their values (biological, geological, aesthetic or archeological) and their loading capacity;*
- *Including in the public environmental education programmes the scenic, ecological and scientific values of the karst of Mallorca, as well as its conservation requirements.*

Bibliografia / References

- ALCOVER, J.A.; MAYOL, J.; JAUME, D.; ALOMAR, G.; POMAR, G. & JURADO, J. (1984): Biología i ecologia de les poblacions relictas de *Baleaphryne muletensis* a la muntanya mallorquina. In: HEMMER, H. & ALCOVER, J.A. (Eds.): *Història biològica del Ferreret*. Editorial Moll. 129-151. Palma de Mallorca.
- BELLÉS, X. (1987): *Fauna cavernícola i intersticial de la Península Ibèrica i les Illes Balears*. CSIC-Editorial Moll. 207 pàgs. Palma de Mallorca.
- DAVEY, A.G. & WHITE, S. (1986): *Management of Victorian caves and karst*. Department of Conservation, Forests and Lands, Victoria. 74 pàgs. Melbourne.
- FORD, D.C. & WILLIAMS, P.W. (1989): *Karst Geomorphology and Hydrology*. Unwin Hyman Ltd. 601 pàgs. Londres.
- GINÉS, A. (1983): *Bioespeleología del Karst mallorquín. Datos ecológicos preliminares*. Tesis de Licenciatura U.I.B. Federació Balear d'Espeleologia (xerocopiado). 219 pàgs. Palma de Mallorca.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1987): Características espeleológicas del Karst de Mallorca. *Endins*. 13 : 3-19. Palma de Mallorca.
- GINÉS, A.; FIOL, L.A.; POL, A. & ROSSELLÓ, J.A. (1989): Morfología i vegetació d'un grup de dolines de la Serra de Tramuntana (Mallorca). *Endins*. 14-15 : 43-52. Palma de Mallorca.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (1989): El karst en las Islas Baleares. In: DURÁN, J.J. & LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. (Eds.): *El karst en España*. S.E.G. Monografía 4. 163-174. Madrid.
- HILL, C.A. & FORTI, P. (1986): *Cave minerals of the World*. National Speleological Society. 238 pàgs. Huntsville.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. & DURÁN, J.J. (1989): Usos y aprovechamientos de cavidades y paisajes kársticos. In: DURÁN, J.J. & LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. (Eds.): *El karst en España*. S.E.G. Monografía 4. 391-402. Madrid.
- MARKER, M.E. & GAMBLE, F.M. (1987): Karst in Southern Africa. *Endins*. 13 : 93-98. Palma de Mallorca.
- MAYOL, J. & MACHADO, A. (1992): *Medi ambient, ecologia i turisme a les Illes Balears*. Editorial Moll. 130 pàgs. Palma de Mallorca.
- PONS, G. (1991): *Llista vermella de la fauna cavernícola de les Balears*. Documents tècnics de conservació núm. 10. Govern Balear. 150 pàgs. Palma de Mallorca.
- TERCAFS, R. (1992): The protection of the subterranean environment. Conservation principles and management tools. In: CAMACHO, A.I. (Ed.): *The Natural History of Biospeleology*. CSIC-Museo Nacional de Ciencias Naturales. 481-522. Madrid.
- WHITE, W.B. (1988): *Geomorphology and Hydrology of karst terrains*. Oxford University Press. 464 pàgs. New York.
- YUAN, D. (1991): *Karst of China*. Geological Publishing House. 224 pàgs. Beijing.

